

УДК 330.105+519.876.5

Капустян В. О.

док. фіз.-мат. наук, професор

Чепелєв М. Г.

Національний технічний університет України «КПІ»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТРУКТУРИ КАПІТАЛУ НА ЕКОНОМІЧНЕ ЗРОСТАННЯ

INVESTIGATION OF THE CAPITAL STRUCTURE INFLUENCE ON THE ECONOMIC GROWTH

В роботі розглянуто макроекономічну модель, яка описується системою трьох диференціальних рівнянь. Для аналізованої моделі запропоновано процедуру калібрування параметрів, яка базується на використанні даних бухгалтерської звітності українських підприємств. Досліджено вплив відкаліброваних коефіцієнтів на характер економічного зростання та наведені порівняння для параметрів розрахованих за звітами підприємств різних видів економічної діяльності. Виявлено випадки, за яких значення платоспроможного попиту чи капіталу знижується до нуля і система руйнується, що свідчить про необхідність державного регулювання. З'ясовано, що збільшення платоспроможного попиту покращує характеристики економічного зростання. Запропоновано варіант економічного регулювання, за якого держава керує величиною власного платоспроможного попиту, в залежності від значення норми прибутку підприємців, що дозволяє уникнути руйнування економіки.

В работе рассмотрена макроэкономическая модель, которая описывается системой трех дифференциальных уравнений. Для анализируемой модели предложено процедуру калибровки параметров, которая базируется на использовании данных бухгалтерской отчетности украинских предприятий. Исследовано влияние откалиброванных коэффициентов на характер экономического роста и приведены сравнения для параметров, рассчитанных по отчетам предприятий разных видов экономической деятельности. Выявлены случаи, при которых значения платежеспособного спроса или капитала падают до нуля, что приводит к разрушению системы. Выяснено, что увеличение платежеспособного спроса улучшает характеристики экономического роста. Предложен вариант экономического регулирования, при котором государство управляет величиной собственного платежеспособного спроса, позволяющий избежать разрушения экономики.

This paper considers the macroeconomic model, which is described by the system of three differential equations that describe how values of capital, solvent demand and profit rate are changing in time. Nonlinearity of the differential equations leads to the existence of qualitatively different structures that have endogenous nature, i. e. are caused by the dependencies between variables of the studied subject. For the analyzed model a calibration procedure is developed that is based on the usage of financial statements of Ukrainian enterprises that are collected for the years 2002-2010. The influence of the calibrated coefficients and control parameters on the

economic growth is studied and comparison for coefficients' values calculated from the reports of enterprises of different economic activities is given. Situations when values of effective demand or capital decrease to zero, which leads to system's collapse, are identified. It was found that the increase in solvent demand improves the characteristics of economic growth. Economic regulation possibility is presented under which government controls its own effective demand that enables to avoid economy's collapse.

Ключові слова: структура капіталу, економічне зростання, макроекономічна модель, процедура калібрування, економічне регулювання

Вступ. Одним з напрямків аналізу економіки є дослідження механізмів функціонування економічних систем. Зокрема, вивчення поведінки економіко-математичних моделей за зміни значень екзогенних параметрів [1-5]. Такий аналіз допомагає краще зрозуміти природу утворюваних економічних структур, що може бути враховано при розробці моделей для прогнозування та обґрунтування варіантів економічної політики держави. При цьому характер реальних економічних часових рядів диктує певні вимоги до властивостей аналізованих моделей, що слугує одним з критеріїв адекватності апарату. Дослідження більшості економічних часових рядів виявили наявність нелінійних динамічних структур [6-9]. Це стало однією з причин поширення застосування методів нелінійної та хаотичної динаміки в економіці. Актуальність використання цієї методології для моделювання явищ української економіки обумовлена перехідним характером соціально-економічних процесів, які відбуваються в країні.

Постановка завдання. Поряд з обґрунтованістю вихідних економічних гіпотез, важливим аспектом верифікації економічної доцільності моделі є калібрування її параметрів. Даний підхід передбачає оцінку екзогенних параметрів моделі за реальними економічними даними. Метою роботи є розробка процедури калібрування для аналізованої макроекономічної моделі, а також дослідження можливостей державного регулювання в рамках аналізованої системи з метою запобігання руйнування економіки.

Методологія. Результати дослідження отримані на основі методів економічної теорії, економіко-математичного моделювання, чисельних методів. При виконанні розрахунків використовувалися такі математичні пакети, як MatLab, Maple, MathCad, а також програмні засоби, розроблені на мовах C++ та VBA.

Результати дослідження. Модель розподіленої економіки, докладний опис якої можна знайти в роботі [10], має наступний вигляд:

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= bx((1 - \sigma)z - \delta y), \\ \dot{y}(t) &= x(1 - (1 - \delta)y + \sigma z), \\ \dot{z}(t) &= a(y - d \cdot x),\end{aligned}\tag{1}$$

$x = \frac{\beta\eta}{1+\theta+\eta} \tilde{K}$, $y = \frac{\beta\eta(1+\gamma)}{\omega\theta} D$, $z = \frac{1+\gamma}{\omega} u$, $\gamma = \frac{K}{H}$ – органічна структура капіталу, $\theta = \frac{C_T}{M}$ – виробнича структура капіталу, $\eta = \frac{Y}{M}$ – товарна структура капіталу, \tilde{K} – капітал, D – платоспроможний попит, u – норма прибутку, K – постійний капітал, H – змінний капітал, C_T – виробничий капітал ($C_T = K + H$), M – грошовий капітал, Y – товарний капітал, $0 < \delta < 1$, $\sigma < 1 - \delta$; $\alpha, \beta, \omega = const$, $a = \frac{\alpha\theta}{\beta\eta}$, $b = \frac{\omega\theta}{(1+\theta+\eta)(1+\gamma)}$, $d = \frac{\theta + (\eta - 1)(1 + \gamma)}{\omega\theta}$.

δ, σ – керуючі параметри системи, що характеризують відповідно «тиск» з боку держави (яку частину власного доходу підприємці сплачують державі у вигляді податків, платежів та зборів) та «свободу» підприємців у прийнятті рішень щодо використання отриманого прибутку (яка частина отриманого підприємцями прибутку залишається у їх розпорядженні). Надалі поведінка системи (1) буде досліджуватись в залежності від значень керуючих параметрів. В роботі [10] аналіз системи (1) проводився за значень $\gamma = 1$, $\theta = 12$, $\eta = 2$, $\beta = \frac{6\alpha}{7}$, $\omega = 1$. Оцінимо значення параметрів, які відповідають структурі капіталу, а також параметра β , за реальними даними та проаналізуємо, як це вплине на поведінку моделі.

При застосуванні процедури калібрування було проаналізовано доступну бухгалтерську звітність («Баланс» та «Звіт про фінансові результати») 77 великих українських компаній за 2002-2010 роки [11]. Аналізовані підприємства були розділені на 5 груп, згідно класифікації видів економічної діяльності. До кожної групи входить не менше 10 аналізованих підприємств.

Значення невідомих параметрів γ, θ та η обчислювались згідно формул (2)-(4) відповідно. У формулах (2)-(6) кожний з елементів рядка обчислюється як сума усереднених по роках значень для відповідної множини компаній. Нижче використано наступні позначення: Ф. 2 – Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 2 «Баланс», Ф. 3 – Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 3 «Звіт про фінансові результати», ст. X – стовпчик X, р. Y – рядок Y.

$$\begin{aligned}
 \gamma = & \frac{\Phi.2 \text{ ст.3}(p.280 - p.130 - p.140 - p.230 - p.240)}{2 \cdot (\Phi.3 \text{ ст.3 } p.240)} + \\
 & + \frac{\Phi.2 \text{ ст.4}(p.280 - p.130 - p.140 - p.230 - p.240)}{2 \cdot (\Phi.3 \text{ ст.3 } p.240)} - 1.
 \end{aligned} \tag{2}$$

$$\theta = (\Phi.2 \text{ см.} 3(p.280 - p.130 - p.140 - p.230 - p.240) + \Phi.2 \text{ см.} 3(p.280 - p.130 - p.140 - p.230 - p.240)) / ((\Phi.2 \text{ см.} 3(p.230 + p.240) + \Phi.2 \text{ см.} 4(p.230 + p.240))). \quad (3)$$

$$\eta = (\Phi.2 \text{ см.} 3(p.130 + p.140) + \Phi.2 \text{ см.} 4(p.130 + p.140)) / ((\Phi.2 \text{ см.} 3(p.230 + p.240) + \Phi.2 \text{ см.} 4(p.230 + p.240))). \quad (4)$$

Параметр β будемо оцінювати за умови припущення, що платоспроможний попит на споживчі товари рівний поточному сукупному споживанню, тобто $D = R$. Оскільки згідно вихідного припущення $R = \beta YD$, отримаємо

$$\beta = \frac{2}{\Phi.2 \text{ см.} 3(p.130 + p.140) + \Phi.2 \text{ см.} 4(p.130 + p.140)}. \quad (5)$$

Віднесення статей бухгалтерської звітності до певного виду капіталу не однозначне, однак запропонований підхід дає можливість оцінити екзогенні параметри.

За довжину одиниці часу в моделі (1) покладено цикл капіталу, тобто час, за який капітал послідовно проходить всі стадії (грошовий, виробничий, товарний, грошовий). Довжину циклу капіталу (в днях) пропонується оцінювати за формулою

$$\tau = \left(\frac{\Phi.2 \text{ см.} 3(p.100 + p.110 + p.120 + p.130 + p.140)}{2 \cdot |\Phi.3 \text{ см.} 3(p.40)|} + \frac{\Phi.2 \text{ см.} 4(p.100 + p.110 + p.120 + p.130 + p.140)}{2 \cdot |\Phi.3 \text{ см.} 3(p.40)|} \right) \cdot 365 + \left(\frac{\Phi.2 \text{ см.} 3(p.160 + p.170 + p.180 + p.190 + p.200 + p.210)}{2 \cdot (\Phi.3 \text{ см.} 3 p.35)} + \frac{\Phi.2 \text{ см.} 4(p.160 + p.170 + p.180 + p.190 + p.200 + p.210)}{2 \cdot (\Phi.3 \text{ см.} 3 p.35)} \right) \cdot 365. \quad (6)$$

Довжина циклу капіталу оцінювалась за формулою тривалості операційного циклу. Доданки формули (6) відповідають за оборотність запасів та дебіторської заборгованості.

Таблиця 1. Оцінка екзогенних параметрів моделі

Галузь	γ	θ	η	β	τ
Добувна промисловість	9.494	32.363	0.995	$8 \cdot 10^{-7}$	170.96
Переробна промисловість	11.607	26.434	0.833	$3 \cdot 10^{-7}$	103.77
Виробництво та розподілення електроенергії, газу	11.558	57.431	0.145	$1.6 \cdot 10^{-5}$	120.89
Торгівля; ремонт авто, побутових виробів	13.918	27.149	5.575	$4.1 \cdot 10^{-7}$	105.67
Діяльність транспорту та зв'язку	7.194	15.583	0.095	$1.6 \cdot 10^{-6}$	60.46
Усереднення за всіма підприємствами	9.357	22.443	0.605	$1.3 \cdot 10^{-7}$	109.78

Розглянемо вплив зміни параметрів δ та σ на поведінку системи (1) за оцінених значень екзогенних параметрів. При розрахунках зберігалось співвідношення $\beta = 6\alpha / 7$.

На рис. 1-2 а) точками відображено значення параметрів δ та σ за яких система існує не руйнуючись 5000 циклів капіталу. На вертикальних вісях графіків б) та в) відкладено середнє значення національного доходу (НД) та коефіцієнта варіації (CV) НД за останні 4000 циклів капіталу відповідно (тобто з 1000 по 5000 цикли).

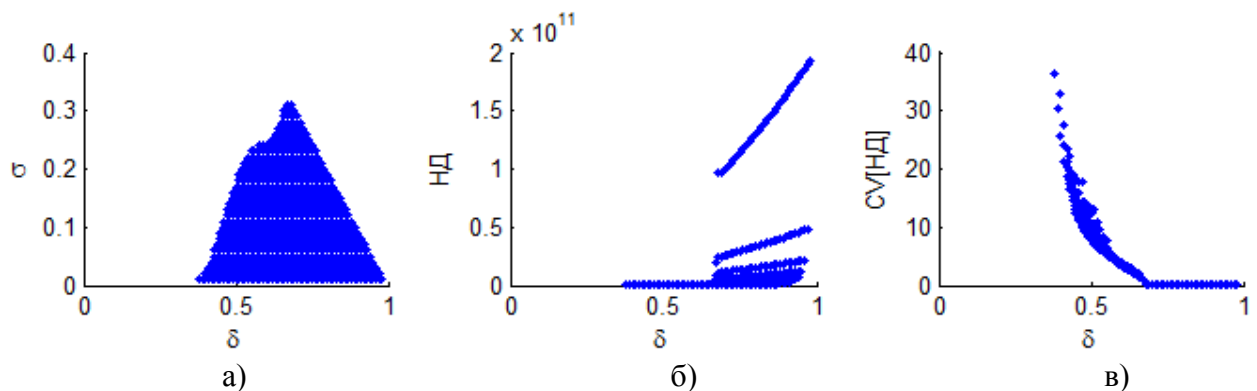


Рис. 1 Вплив рівня оподаткування на розвиток економіки (вихідна оцінка)

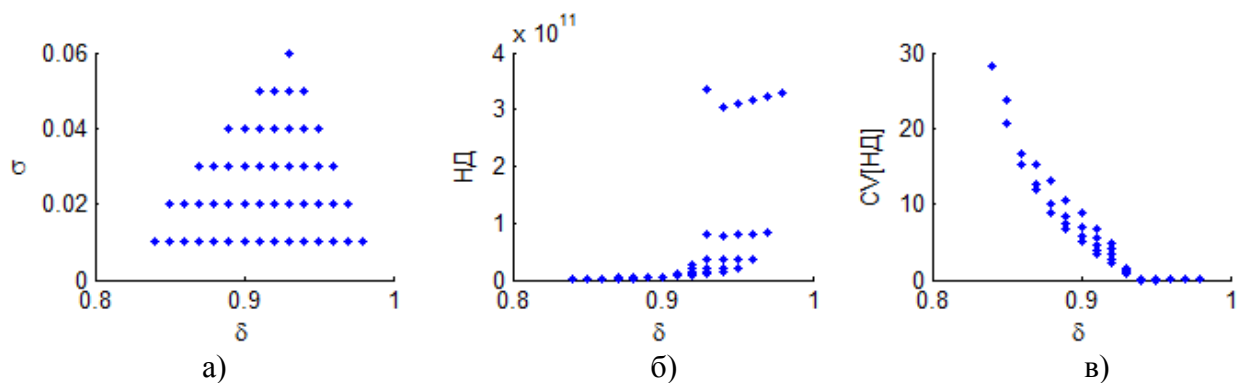


Рис. 2 Вплив рівня оподаткування на розвиток економіки (усереднення за всіма підприємствами)

В таблиці 2 наведено порівняльні характеристики функціонування економіки за різної структури капіталу та значень параметра β за умови зміни параметрів δ та σ . Виходячи з формули (5), величина параметра β буде впливати на рівень НД. Зазначимо, що оскільки ми покладаємо $\beta = 6\alpha/7$, значення β не буде безпосередньо впливати на якісний характер структур, що утворюються в результаті застосування процедури інтегрування. Для вихідного калібрування параметр β та довжина циклу капіталу покладалися рівними усередненому значенню за всіма галузями. Під руйнуванням розуміється зниження до нуля рівня капіталу або платоспроможного попиту. Під вдалою розуміється реалізація, за якої система не руйнується протягом 5000 циклів капіталу.

Таблиця 2. Порівняння характеристик функціонування економіки за зміни структури капіталу

Галузь/вихідна оцінка	Частка вдалих реалізацій (%)	Середнє значення НД за вдалими реалізаціями, у. о.	Середнє значення вибіркової дисперсії за вдалими реалізаціями, у. о.	Середнє значення вибіркового коефіцієнта варіації за вдалими реалізаціями, у. о.	Середній час існування економіки для випадків руйнування, років
Вихідна оцінка	20.9	$6.815 \cdot 10^9$	$2.729 \cdot 10^{18}$	3.00	19.76
Добувна промисловість	1.5	$5.141 \cdot 10^9$	$9.19 \cdot 10^{18}$	5.62	4.79
Переробна промисловість	0.9	$1.513 \cdot 10^{10}$	$1.2 \cdot 10^{20}$	5.59	2.33
Виробництво та розподілення електроенергії, газу та води	0.8	$4.364 \cdot 10^9$	$1.224 \cdot 10^{20}$	17.97	1.24
Торгівля; ремонт автомобілів, побутових виробів та предметів особистого вжитку	5.8	$1.543 \cdot 10^8$	$2.662 \cdot 10^{15}$	7.40	19.75
Діяльність транспорту та зв'язку	0.7	$4.7 \cdot 10^{10}$	$6.095 \cdot 10^{21}$	8.48	0.51
Усереднення за всіма підприємствами	1.0	$5.506 \cdot 10^{10}$	$2.823 \cdot 10^{21}$	5.71	2.17

Аналіз отриманих результатів розрахунків показує, що:

- для оціненої за реальними даними структури капіталу, відсоток вдалих реалізацій нижчий ніж для теоретично запропонованих значень параметрів, що свідчить про необхідність державного регулювання;
- для всіх аналізованих траєкторій середній рівень НД зростає, а коефіцієнт варіації спадає при зростанні рівня оподаткування. Таким чином, за умови повної прозорості економіки держава може ефективно розподіляти кошти між економічними агентами;
- використовуючи в якості критерію ефективності функціонування середній відсоток вдалих реалізацій та середній час існування економіки для випадків руйнування отримаємо, що найбільш ефективно економіка функціонує за значень параметрів, що відповідають сфері торгівлі.

Згідно табл. 2, за жодної з оцінених структур капіталу частка вдалих реалізацій не перевищує 6%. Розглянемо припущення, за виконання яких вдається підвищити відсоток вдалих реалізацій. Введемо деякі позначення. Нехай $\tilde{\mu}$ рівне максимально допустимому абсолютному значенню норми прибутку (за якого ще не здійснюється вплив на платоспроможний попит).

$$Q(z, \tilde{\mu}) = \begin{cases} 1, & |z| > \tilde{\mu}, \\ 0, & |z| \leq \tilde{\mu}. \end{cases} \quad (7)$$

При достатньо великих $p \in \mathbb{R}_+$, функцію (7) можна апроксимувати наступним чином

$$\hat{Q}(z, \tilde{\mu}) = (1.0 + 0.5 \cdot \tanh(10^p \cdot (-z - \tilde{\mu})) + 0.5 \cdot \tanh(10^p \cdot (z - \tilde{\mu}))). \quad (8)$$

В якості апроксимації функції

$$\text{sgn}(z) = \begin{cases} 1, & z > 0, \\ -1, & z \leq 0, \end{cases} \quad (9)$$

будемо використовувати

$$\hat{s}(z) = \tanh(10^p \cdot z). \quad (10)$$

У випадку, коли $Q(z, \tilde{\mu}) = 1$, бажане значення \dot{z} покладемо рівним $\text{sgn}(z) \cdot \tilde{\mu} - z$, підставляючи останній вираз в третє рівняння системи (1) замість \dot{z} отримаємо бажане значення y

$$\bar{y} = (1/a)(\text{sgn}(z)\tilde{\mu} - z) + d \cdot x. \quad (11)$$

Підставляючи в (11) замість $\text{sgn}(z)$ функцію $\hat{s}(z)$, отримаємо

$$\bar{y} = (1/a)(\hat{s}(z)\tilde{\mu} - z) + d \cdot x. \quad (12)$$

Припускаючи, що держава може впливати на рівень платоспроможного попиту, врахуємо, що цей вплив можливий лише в межах платоспроможного попиту самої держави, а не всього D . Оскільки виділити з моделі окремо платоспроможний попит держави не вдалося, припускається, що держава може впливати на попит в межах грошових коштів G . Згідно вихідних припущень моделі (1), грошові кошти G , які є джерелом формування платоспроможного попиту держави, є частиною усіх коштів, отриманих підприємцями від продажу споживчих товарів (податки, акцизи, мито та ін.) , тобто $G = \delta R$. Виражаючи R через відомі фазові змінні та переводячи в одиниці виміру y (виходячи з того, що $D = \frac{\omega\theta}{\beta\eta(1+\gamma)} y$), отримаємо

$$G = \frac{\delta xy}{1+\gamma}. \quad (13)$$

Покладемо

$$\tilde{y} = x(1 - (1 - \delta)y + \sigma z). \quad (14)$$

За умови припущення щодо можливості впливу держави на рівень платоспроможного попиту, система (1) набуде вигляду

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= bx((1 - \sigma)z - \delta y), \\ \dot{y}(t) &= x(1 - (1 - \delta)y + \sigma z) - \dot{m}, \\ \dot{z}(t) &= a(y - d \cdot x), \end{aligned} \quad (15)$$

$$\dot{m}(t) = \hat{Q}(z, \tilde{\mu}) \cdot \left(\min \left(\frac{\delta xy}{1+\gamma}, \tilde{y} - \bar{y} + y \right) \cdot (0.5 + 0.5\hat{s}(\hat{s}(m) + (\hat{s}(\tilde{y} - \bar{y} + y) + 1))) \right).$$

Значення \tilde{y} співпадає з \dot{y} , якщо $\dot{m} = 0$, тобто за відсутності впливу держави на платоспроможний попит. Значення змінної $m(t)$ відповідає розміру стабілізаційного фонду, який створюється в результаті регулювання державою рівня попиту. В залежності від норми прибутку держава зменшує (надлишок надходить до стабілізаційного фонду) або збільшує (використовуючи кошти наявні в стабілізаційному фонді) власний попит, який є частиною загального попиту. Перший множник останнього рівняння

системи (15) показує чи є необхідність впливу на платоспроможний попит. Другий множник враховує обмеження платоспроможного попиту держави: перший аргумент функції $\min(\cdot, \cdot)$ – це наявний обсяг платоспроможного попиту держави, другий аргумент – це бажана величина зміни $-\tilde{y}$. Наприклад, якщо поточний попит $y = 4$, бажана величина попиту $\bar{y} = 2$, а $\tilde{y} = 1$, тоді для того, щоб платоспроможний попит через одиницю часу прийняв бажане значення, припускаючи, що $\dot{y} = \text{const}$, праву частину другого рівняння системи (1) потрібно зменшити на величину $\tilde{y} - \bar{y} + y = 3$. Зазначимо, що вплив держави обмежений розміром власного попиту лише у випадку необхідності зменшення останнього. В разі, якщо потрібно збільшити платоспроможний попит, держава використовує кошти зі стабілізаційного фонду. Третій множник останнього рівняння системи (15) перевіряє чи є кошти діяти, приймаючи значення близькі до нуля або одиниці. Ми можемо зменшувати попит не залежно від наявності грошей у стабілізаційному фонді, в цьому випадку $\hat{s}(\tilde{y} - \bar{y} + y) + 1 \approx 2$ і, оскільки $(|\hat{s}(m)| \leq 1)$, $\hat{s}(\hat{s}(m) + (\hat{s}(\tilde{y} - \bar{y} + y) + 1)) \approx 1$. Якщо ж грошей в стабілізаційному фонді немає, тоді $\hat{s}(\hat{s}(m) + (\hat{s}(\tilde{y} - \bar{y} + y) + 1)) \approx -1$ у випадку необхідності збільшення попиту і $\hat{s}(\hat{s}(m) + (\hat{s}(\tilde{y} - \bar{y} + y) + 1)) \approx 1$ в разі необхідності зниження попиту. Узагальнені характеристики стабілізаційної політики, за умови коли допускається збиток (держава не впливає на попит якщо $|u| \leq \mu$, $\mu = \tilde{\mu}\omega / (1 + \gamma)$), наведені в табл. 3.

При розрахунках для інтегрування використовувався метод Дормана-Принса п'ятого порядку, з локальною похибкою не більше 10^{-5} , покладалося $p = 8$. Значення параметрів δ та σ дискретизувались з кроком 0.01, за умови $\delta + \sigma < 1$, $\delta > 0$, $\sigma > 0$ (всього розглядалося 4852 випадки). Стабілізованою вважалася реалізація, яка стала вдалою після застосування керування.

Таблиця 3. Порівняння характеристик стабілізаційної політики ($|u| \leq \mu$)

Галузь/вихідна оцінка	Середнє значення НД за стабілізованими реалізаціями, у. о.	Середнє значення вибіркового коефіцієнта варіації за стабілізованими реалізаціями, у. о.	Частка стабілізованих траєкторій (від загальної кількості реалізацій), %	μ
Вихідна оцінка	$3.746 \cdot 10^9$	1.67	39.72	0.01
	$3.750 \cdot 10^9$	1.67	39.67	0.02
	$3.751 \cdot 10^9$	1.66	39.65	0.05
	$3.760 \cdot 10^9$	1.66	39.55	0.1

Продовження табл. 3

Добувна промисловість	$1.623 \cdot 10^9$	1.64	5.42	0.01
	$1.623 \cdot 10^9$	1.64	5.42	0.02
	$1.642 \cdot 10^9$	1.64	5.36	0.05
	$1.654 \cdot 10^9$	1.64	5.32	0.1
Переробна промисловість	$4.532 \cdot 10^9$	1.50	3.44	0.01
	$4.559 \cdot 10^9$	1.51	3.42	0.02
	$4.586 \cdot 10^9$	1.50	3.40	0.05
	$4.613 \cdot 10^9$	1.49	3.38	0.1
Виробництво та розподілення електроенергії, газу та води	$8.685 \cdot 10^8$	3.04	4.66	0.01
	$8.722 \cdot 10^8$	3.05	4.64	0.02
	$8.762 \cdot 10^8$	3.07	4.62	0.05
	$8.805 \cdot 10^8$	3.13	4.60	0.1
Торгівля; ремонт автомобілів, побутових виробів та предметів особистого вжитку	$9.910 \cdot 10^7$	4.47	9.91	0.01
	$9.990 \cdot 10^7$	4.49	9.83	0.02
	$1.013 \cdot 10^8$	4.54	9.69	0.05
	$1.041 \cdot 10^8$	4.66	9.42	0.1
Діяльність транспорту та зв'язку	$9.116 \cdot 10^9$	1.42	4.16	0.01
	$9.160 \cdot 10^9$	1.42	4.14	0.02
	$9.205 \cdot 10^9$	1.42	4.12	0.05
	$9.252 \cdot 10^9$	1.43	4.10	0.1
Усереднення за всіма підприємствами	$1.565 \cdot 10^{10}$	1.48	4.20	0.01
	$1.573 \cdot 10^{10}$	1.48	4.18	0.02
	$1.573 \cdot 10^{10}$	1.47	4.18	0.05
	$1.580 \cdot 10^{10}$	1.46	4.16	0.1

Ще один варіант політики стабілізації можливий у випадку, коли не допускається збиток (державна не впливає на попит якщо $0 \leq u \leq \mu$, $\mu = \mu' \omega / (1 + \gamma)$). Покладаючи

$$Q'(z, \mu') = \begin{cases} 1, \mu' < z < 0, \\ 0, 0 \leq z \leq \mu', \end{cases} \quad (16)$$

$$\hat{Q}'(z, \mu') = (1.0 + 0.5 \cdot \tanh(10^p \cdot (-z)) + 0.5 \cdot \tanh(10^p \cdot (z - \mu'))), \quad (17)$$

$$H(z) = \begin{cases} 1, z > 0, \\ 0, z \leq 0, \end{cases} \quad (18)$$

$$\hat{H}(z) = 0.5 + 0.5 \tanh(10^p \cdot z), \quad (19)$$

а отже

$$\bar{y}' = (1/a)(\hat{H}(z)\mu' - z) + dx, \quad (20)$$

система (1) набуде вигляду

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= bx((1-\sigma)z - \delta y), \\ \dot{y}(t) &= x(1 - (1-\delta)y + \sigma z) - \dot{m}, \\ \dot{z}(t) &= a(y - d \cdot x), \\ \dot{m}(t) &= \hat{Q}'(z, \mu') \cdot \left(\min \left(\frac{\delta xy}{1+\gamma}, \tilde{y} - \bar{y}' + y \right) \cdot (0.5 + 0.5 \hat{s}(\hat{s}(m) + (\hat{s}(\tilde{y} - \bar{y}' + y) + 1))) \right). \end{aligned} \quad (21)$$

Таблиця 4. Порівняння характеристик стабілізаційної політики ($0 \leq u \leq \mu$)

Галузь/вихідна оцінка	Середнє значення НД за стабілізованими реалізаціями, у. о.	Середнє значення вибіркового коефіцієнта варіації за стабілізованими реалізаціями, у. о.	Частка стабілізованих реалізацій (від загальної кількості реалізацій), %	μ
Вихідна оцінка	$3.742 \cdot 10^9$	1.67	39.76	0.01
	$3.748 \cdot 10^9$	1.67	39.70	0.02
	$3.749 \cdot 10^9$	1.66	39.67	0.05
	$3.756 \cdot 10^9$	1.66	39.59	0.1
Добувна промисловість	$1.623 \cdot 10^9$	1.64	5.42	0.01
	$1.623 \cdot 10^9$	1.64	5.42	0.02
	$1.635 \cdot 10^9$	1.63	5.38	0.05
	$1.642 \cdot 10^9$	1.63	5.36	0.1
Переробна промисловість	$5.654 \cdot 10^9$	1.38	3.74	0.01
	$5.685 \cdot 10^9$	1.38	3.72	0.02
	$5.725 \cdot 10^9$	1.38	3.68	0.05
	$5.862 \cdot 10^9$	1.34	3.74	0.1
Виробництво та розподілення електроенергії, газу та води	$8.685 \cdot 10^8$	3.04	4.66	0.01
	$8.685 \cdot 10^8$	3.04	4.66	0.02
	$8.723 \cdot 10^8$	3.06	4.64	0.05
	$8.764 \cdot 10^8$	3.12	4.62	0.1
Торгівля; ремонт автомобілів, побутових виробів та предметів особистого вжитку	$9.909 \cdot 10^7$	4.47	9.91	0.01
	$9.948 \cdot 10^7$	4.47	9.87	0.02
	$1.011 \cdot 10^8$	4.53	9.71	0.05
	$1.032 \cdot 10^8$	4.63	9.50	0.1

Продовження табл. 4

Діяльність транспорту та зв'язку	$9.116 \cdot 10^9$	1.42	4.16	0.01
	$9.116 \cdot 10^9$	1.41	4.16	0.02
	$9.160 \cdot 10^9$	1.42	4.14	0.05
	$9.206 \cdot 10^9$	1.43	4.12	0.1
Усереднення за всіма підприємствами	$1.565 \cdot 10^{10}$	1.48	4.20	0.01
	$1.565 \cdot 10^{10}$	1.48	4.20	0.02
	$1.573 \cdot 10^{10}$	1.47	4.18	0.05
	$1.573 \cdot 10^{10}$	1.46	4.18	0.1

Аналіз результатів запропонованої стабілізаційної політики дозволяє зробити декілька узагальнень

- використання запропонованого способу впливу держави на рівень платоспроможного попиту дозволяє збільшити частку вдалих реалізацій у 3-7 разів;
- підвищення допустимого рівня норми прибутку (нижче якого держава не впливає на попит) та відсутність регулювання попиту в разі збитковості підприємств знижують частку вдалих реалізацій;
- найбільш ефективно (з точки зору збільшення частки стабілізованих траєкторій) керування здійснюється за значень параметрів, що відповідають галузі транспорту та зв'язку.

Висновки. В роботі розглянуто макроекономічну модель, в якій чинником виникнення нелінійних структур є ендогенні механізми.

Наукова новизна полягає у розробці процедури калібрування параметрів моделі та дослідженні можливостей стабілізації економіки.

Результати аналізу показують, що вплив держави на платоспроможний попит дозволяє покращити характеристики економічного зростання.

Література

1. Benhabib J. The Hopf-bifurcation and the existence of closed orbits in multi-sectoral models of optimal economic growth / J. Benhabib, K. Nishimura // Journal of Economic Theory. – 1979. – V. 21. – P. 421–444.
2. Barucci E. Endogenous Fluctuations in a Bounded Rationality Economy: Learning Non-perfect Foresight Equilibria / E. Barucci, G. I. Bischi, L. Gardini // Journal of Economic Theory. – 1999. – V. 87, I. 1. – P. 243–253.
3. Bischi G. I. Analysis of global bifurcations in a market share attraction model / G. I. Bischi, L. Gardini, M. Kopel // Journal of Economic Dynamics and Control. – 2000. – V. 24. – P. 855–879.

4. Kaddar A. Hopf Bifurcation Analysis in a Delayed Kaldor-Kalecki Model of Business Cycle / A. Kaddar, H. Talibi Alaoui // *Nonlinear Analysis: Modelling and Control*. – 2008. – V. 13, № 4. – P. 439–449.
5. Banerjee S. Bifurcation Analysis of Zellner's Marshallian Macroeconomic Model / S. Banerjee, W. A. Barnett, E. A. Duzhak [et al.] // *Journal of Economic Dynamics and Control*. – 2011. – V. 35, № 9. – P. 1577-1585.
6. Scheinkman J. A. Nonlinear Dynamics and Stock Returns / J. A. Scheinkman, B. Lebaron // *The Journal of Business*. – 1989. – V. 62, I. 3. – P. 311-337.
7. Decoster G. P. Nonlinear Monetary Dynamics / G. P. Decoster, D. Mitchell // *Journal of Business & Economic Statistics*. – 1991. – V. 9, № 4. – P. 455-462.
8. Lebaron B. Chaos and Nonlinear Forecastability in Economics and Finance // B. Lebaron // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. – 1994. – V. 348. – P. 397-404.
9. Barnett W. A. Unsolved econometric problems in nonlinearity, chaos, and bifurcation / W. A. Barnett, Y. He // *Central European Journal of Operations Research*. – 2001. – V. 9. – P. 147-182.
10. Магницкий Н. А. Новые методы хаотической динамики / Н. А. Магницкий, С. В. Сидоров. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 320 с.
11. SMIDA [Електронний ресурс]: [сайт]: Державна установа "Агентство з розвитку інфраструктури фондового ринку України". – Режим доступу <http://www.smida.gov.ua> (дата звернення 06.02.12). – Назва з екрана.